

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-239377  
(P2002-239377A)

(43) 公開日 平成14年8月27日 (2002.8.27)

| (51) Int.Cl. <sup>7</sup> | 識別記号  | F I           | テームコード* (参考) |
|---------------------------|-------|---------------|--------------|
| B 0 1 J                   | 19/12 | B 0 1 J 19/12 | H 4 D 0 5 4  |
|                           |       |               | B 4 G 0 7 5  |
| B 0 3 C                   | 7/02  | B 0 3 C 7/02  | Z 4 K 0 1 7  |
| B 2 2 F                   | 9/02  | B 2 2 F 9/02  | Z 4 K 0 2 9  |
| C 2 3 C                   | 14/00 | C 2 3 C 14/00 | A 5 F 1 0 3  |

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 8 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-37736(P2001-37736)

(22) 出願日 平成13年2月14日 (2001.2.14)

(出願人による申告) 国等の委託研究成果に係る特許出願 (平成12年度新エネルギー・産業技術総合開発機構再委託研究、産業活力再生特別措置法第30条の適用を受けるもの)

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 鈴木 信靖

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

(72) 発明者 吉田 岳人

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

(74) 代理人 100082692

弁理士 蔵合 正博 (外1名)

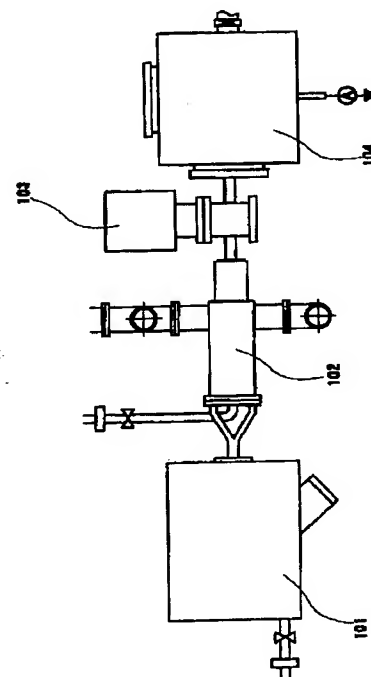
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高純度標準粒子作製装置及び高純度標準粒子

(57) 【要約】

【課題】 広い材料選択性を持って、単分散した均一構造を有するnmサイズの高純度標準粒子を汚染・ダメージを軽減した状態で効率的に作製しうる、高純度標準粒子作製装置並びに高純度標準粒子を提供すること。

【解決手段】 低圧希ガス雰囲気下で半導体ターゲットをパルスレーザー光109で励起し、アブレーション反応によってターゲットの脱離・射出を行い、さらに空中で凝縮・成長させて高純度粒子を生成する粒子生成室101と、高純度粒子を分級する粒子分級室102と、高純度標準粒子を基板上に捕集する粒子捕集室103を用いて構成される高純度標準粒子作製装置である。



**【特許請求の範囲】**

【請求項1】 高純度粒子を雰囲気ガス中におけるレーザーアブレーションにより生成する粒子生成室と、前記粒子生成室で生成された高純度粒子から所望の粒径を有する高純度標準粒子を分級する粒子分級室と、高純度標準粒子を捕集する粒子捕集室と、を具備したことを特徴とする高純度標準粒子作製装置。

【請求項2】 前記粒子分級室において、粒子分級手段を複数配置したことを特徴とする請求項1記載の高純度標準粒子作製装置。

【請求項3】 前記粒子分級室の下流において、高純度標準粒子を赤外線輻射加熱により熱処理する工程を有することを特徴とする請求項1ないしは2記載の高純度標準粒子作製装置。

【請求項4】 前記雰囲気ガスとして供給される原料ガス中に含まれる不純物を実質的に除去するためのガス精製手段を設けたことを特徴とする請求項1から3のいずれかに記載の高純度標準粒子作製装置。

【請求項5】 前記粒子捕集室において、高純度標準粒子流路中に配管の断面積を減じるオリフィスを設けたことを特徴とする請求項1から4のいずれかに記載の高純度標準粒子作製装置。

【請求項6】 請求項1から5のいずれかに記載の高純度標準粒子作製装置を用いて作製した高純度標準粒子。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は高純度標準粒子作製装置及び高純度標準粒子に関するものであり、特に、半導体や液晶ディスプレイの製造プロセスの気相中に含まれるnmサイズの高純度粒子を管理するために使用される粒子計数器の検定や、半導体や液晶ディスプレイの製造プロセスの気相中に含まれるnmサイズの高純度粒子を除去するために用いられるフィルタの捕集効率測定に不可欠なnmサイズの標準粒子作製技術、及び量子サイズ効果から様々な機能発現が期待できる、nmサイズで単分散した高純度高純度粒子の作製技術に関するものである。

**【0002】**

【従来の技術】現在の半導体産業においては、パターンサイズとして0.13 $\mu\text{m}$ が実現されようとしており、0.18 $\mu\text{m}$ のサイズは大量生産されるに至っている。このパターンサイズの微細化の進展に伴い、歩留まりを左右するプロセス中の汚れの残存量を徹底管理する必要が生じている。特に、重金属・炭素等の化学成分を含むnmサイズの汚染粒子では、粒子自体によるデバイス回路の断線・短絡等の障害のみならず、製造プロセスに伴う熱処理過程で拡散した不純物による汚染が及ぼす影響も無視できず、徹底管理する必要がある。

【0003】一方、nmサイズの粒子を不純物以外の観点から観ると、10nm以下の大きさの粒子では、バルク

状態では示されなかった物性や機能を発揮することがある。例えば発光機能を例にとると、間接遷移型半導体であるためにバルクでは極めて発光しにくい、シリコン(Si)やゲルマニウム(Ge)などのIV族元素も、数nmの大きさのナノ粒子になると、室温で強い可視発光を示し出すことが知られている。しかしながら、ナノ粒子は表面露出原子の割合が大きい(粒径5nmで40%に達する)、不純物の混入や結晶欠陥の発生に極めて敏感であり、高度な機能素子化への展開が困難であると考えられてきた。さらに、新たな物性や機能は量子サイズ効果と呼ばれる、粒子の大きさに律則される現象であるため、単色発光等に代表される機能の高度化のためには、粒子の大きさを積極的に揃えて、単分散の粒子を得る必要がある。

【0004】従来のnmサイズの粒子作製手法としては、コロイド法、ガス中蒸発法等が挙げられる。コロイド法は、高分子界面活性剤を共存させ、アルコール中で金属塩を環流条件下で還元することにより、高分子で被覆された金属粒子がコロイド状で生成する手法であり、低温合成法であり、他の方法に比べ粒子径の制御が比較的容易で、均一な粒子が得やすいといわれている。また、アーク放電や抵抗加熱を用いたガス中蒸発法等の気相成長法では金属のみならず、蒸発可能な化合物を不活性ガス中で蒸発させ、冷却することにより粒子化する手法である。

**【0005】**

【発明が解決しようとする課題】ゾルゲル法で作製可能なnmサイズの粒子は、材料がアルコールに可溶な材料に限られており、さらに、作製される粒子も高分子で被覆されたものとなり、材料選択性の点で課題を有する。また、アーク放電や抵抗加熱を用いたガス中蒸発法による気相成長では高融点材料を原材料とする場合、反応槽内における加熱部が比較的大きな領域になる上、蒸発坩堝等との反応も無視できず原材料の化学量論組成を保った高純度粒子を得ることは難しい。加えて粒径分布の幾何標準偏差が比較的大きいため、単分散の標準粒子として用いることは困難である。

【0006】上記従来の技術で述べたようにnmサイズの高純度標準粒子を作製するためには、前述したように作製手法として、より清浄でダメージの少ないプロセスが求められている。

【0007】本発明は上記の課題に鑑みなされたものであって、広い材料選択性を持って、単分散した均一構造を有するnmサイズの高純度標準粒子を汚染・ダメージを軽減した状態で効率的に作製しうる、高純度標準粒子作製装置並びに高純度標準粒子を提供することを目的とする。

**【0008】**

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために本発明の高純度標準粒子作製装置は、高純度粒子を雰

雰囲気ガス中におけるレーザーアブレーションにより生成する粒子生成室と、前記粒子生成室で生成された高純度粒子から所望の粒径を有する高純度標準粒子を分級する粒子分級室と、高純度標準粒子を捕集する粒子捕集室から構成したものである。

【0009】これにより、広い材料選択性を持って、単分散した均一構造を有するnmサイズの高純度標準粒子を汚染・ダメージを軽減した状態で効率的に作製・捕集することができる。

【0010】上記のような特徴を有する発明として、本発明の請求項1に記載の発明は、高純度粒子を雰囲気ガス中におけるレーザーアブレーションにより生成する粒子生成室と、前記粒子生成室で生成された高純度粒子から所望の粒径を有する高純度標準粒子を分級する粒子分級室と、高純度標準粒子を捕集する粒子捕集室と、を具備したことを特徴とする高純度標準粒子作製装置であり、広い材料選択性を持って、単分散した均一構造を有するnmサイズの高純度標準粒子を汚染・ダメージを軽減した状態で効率的に作製・捕集するという作用を有する。

【0011】本発明の請求項2に記載の発明は、粒子分級室において、粒子分級手段を複数配置したことを特徴とする高純度標準粒子作製装置であり、標準粒子の粒子径の分布幅をよりいっそう狭めるという作用を有する。

【0012】本発明の請求項3に記載の発明は、分級室の下流において、高純度標準粒子を赤外線輻射加熱により熱処理する工程を有することを特徴とする高純度標準粒子作製装置であり、凝集により種々の形状を有する高純度標準粒子を球形化し、さらには結晶性を向上するという作用を有する。

【0013】本発明の請求項4に記載の発明は、雰囲気ガスとして供給される原料ガス中に含まれる不純物を実質的に除去するためのガス精製手段を設けたことを特徴とする高純度標準粒子作製装置であり、例えば酸素等の雰囲気ガス中の不純物と生成された粒子の汚染を抑制することにより作製される標準粒子の高純度化が可能となる。

【0014】本発明の請求項5に記載の発明は、粒子捕集室において、高純度標準粒子流路中に配管の断面積を減じるオリフィスを設けたことを特徴とする高純度標準粒子作製装置であり、オリフィス前後の圧力差を大きくすることにより、標準粒子のオリフィスからの噴出速度を向上するとともに、オリフィス噴出後の標準粒子の移動度を増加させ、慣性力による集中堆積を可能とし、nmサイズの標準粒子の捕集効率を向上するという作用を有する。

【0015】本発明の請求項6に記載の発明は、上記高純度標準粒子作製装置を用いて作製した高純度標準粒子であり、材料種を問わない、単分散した均一構造を有するnmサイズの高純度標準粒子を実現するという作用を

有する。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、本発明の高純度標準粒子作製装置を、実施の形態として、図1から図6を用いて詳細に説明する。図1は本実施の形態における高純度標準粒子作製装置の全体構成の一例を示したものであり、微粒子を生成する粒子生成室101と、生成された微粒子を粒径によって分級する粒子分級室102と、分級された微粒子を加熱する標準粒子加熱部103と、加熱後の高純度標準粒子を捕集する粒子捕集室104とから構成されている。

【0017】ここで、粒子生成室101の構成は基本的に、図2に示された構成を有する。図2は粒子生成室101の基本的な構成を示す断面図である。この図に示されているように、粒子生成室101は、高純度粒子生成室101内にガス精製器211、マスフローコントローラ201を介して一定質量流量 $Q_a$ （例えば1.0l/min）でキャリアガス202（例えば原料純度99.9999%のHe）をリング状に配されたガス噴き出し口を介して導入するガス導入系と、高純度粒子の搬送路に対して45度の位置に配された集光レンズ203で集光され、レーザー光導入窓204を介して粒子生成室101に導入される、パルスレーザー光205（例えばQスイッチNd-YAGレーザー第二次高調波、波長532nm、パルス幅7ns、パルスエネルギー0.5J）によって励起される、自転機構を有するターゲットフォルダー206に固定されたターゲット207（例えばタンタル（Ta）、純度99.5%、直径50mm、厚さ5mm）と、パルスレーザー光205によって励起（エネルギー密度177J/cm<sup>2</sup>）された、アブレーションルーム208の高純度粒子の搬送方向と同一の成長方向に配置された粒子取り込みパイプ209と、高純度粒子の作製プロセス前に粒子生成室101を $1 \times 10^{-9}$ Torrより低い圧力の超高真空中に排気する、ターボ分子ポンプを主体とした超高真空排気系210とから成る。そして、このような構成により高純度粒子を雰囲気ガス中におけるレーザーアブレーションにより生成する。

【0018】また、粒子分級室102の構成は基本的に、図3に示された構成を有する。図3は粒子分級室102の基本的な構成を示す一部断面側面図である。この図に示されているように、粒子分級室102は、質量流量 $Q_a$ で搬送される、粒子生成室101で生成された高純度粒子を、例えば放射性同位体アメリカシウムAm241を用いて一価に単極荷電する荷電室301、粒子生成室101から粒子捕集室103に向かって直線方向に配された、例えば4等配して構成される粒子流入管302と、粒子流入管302から荷電された高純度粒子が流入され、所望の粒径に粒子を分級する、二重円筒構造を有する微分型電気移動度分級装置303と、微分型電気移動度分級装置303内で一定質量流量 $Q_c$ （例えば5.0l/min.）の流れを形成するためのシースガス304（例えば原料純度99.9999%のHe）を微分型電気移動度分級装置303に導入するマスフローコントローラ3

05と、二重円筒間に静電界を形成する直流電源306と、シースガスを高コンダクタンスの排気管を介して、ポンプの前端に配されたマスフローメータ307によって制御される、シースガスをヘリカルポンプ等で一定質量流量 $Q_c$ で排気するシースガス排気系308とから成る。そして、このような構成により上記粒子生成室101で生成された高純度粒子から所望の粒径を有する高純度標準粒子を分級する。

【0019】ここで、高純度粒子の荷電は、例えばエキシマランプ( $Ar_2$ エキシマ、波長126nm)のような真空紫外光源を用いても良いし、放射性同位体と真空紫外光源の双方を同時に用いても一向に構わない。

【0020】加えて、ここでは微分型電気移動度分級装置は1台の構成としているが、複数台を直列した構成とし、粒子径の分布幅をよりいっそう狭めても構わない。

【0021】また、マスフローコントローラ305の上流にガス精製器を設置してシースガス中に含まれる不純物を0.5ppb以下に除去することにより粒子の汚染を軽減することが可能である。

【0022】さらに、粒子捕集室104の構成は基本的に、図4および図5に示された構成を有する。図4は粒子捕集室104の基本的な構成を示す断面図である。また、図5は粒子捕集室104の粒子捕集基板近傍の構成を示す断面図である。これらの図に示されているように、粒子捕集室104は、粒子生成室101で生成された高純度粒子が粒子分級室102で単一の粒径に分級されて、分級済みの高純度標準粒子を含むキャリアガスが流入し例えば直径4mmの先端部のオリフィス401から噴出されるノズル402と、捕集基板フォルダー403に固定され、高純度粒子が捕集される捕集基板404と、粒子捕集室103を高純度標準粒子作製前に $1 \times 10^{-9}$ Torrより低い圧力の超高真空中に排気するターボ分子ポンプを中心に構成された超高真空排気系405と、粒子生成室101が一定圧力(例えば10Torr)に保持されるようにキャリアガスの差動排気を行うヘリカルポンプを中心に構成されたガス排気系406と、堆積室103において分級された一面に単極荷電された高純度粒子を捕集して濃度を電流として測定する微小電流測定端子407と、測定された微小電流を表示する微小電流計408とから成り、捕集基板404上に高純度標準粒子を捕集する。

【0023】ここで、単一粒径・均一構造の高純度標準粒子の作製に関して図2から図6を用いて説明する。まず、高純度標準粒子の作製プロセス前に、ダメージ・汚染等の影響を排除するために図3のバルブ309を閉じ、粒子生成室101を、ターボ分子ポンプを主体とした図2の超高真空排気系210によって $1 \times 10^{-9}$ Torrより低い圧力の超高真空中に排気後、超高真空排気系212を閉鎖する。

【0024】同時に、粒子分級室102、粒子捕集室103を、ターボ分子ポンプを主体とした図4の超高真空排気

系405によって $1 \times 10^{-9}$ Torrより低い圧力の超高真空中に排気後、超高真空排気系405を閉鎖する。

【0025】次に、図2のマスフローコントローラ201を用いて粒子生成室101に質量流量 $Q_a$ (ここでは0.5l/min)で、ガス精製器211を介することにより不純物濃度が0.5ppb以下となったキャリアガス202を導入する。

【0026】次に、図3のバルブ310、バルブ311を開き、ヘリカルポンプを中心に構成された図4の粒子ガス排気系406を粒子生成室101の圧力を基準に制御し、差動排気を行うことで粒子生成室101を一定圧力 $P_1$ (例えば10Torr)に保持する。

【0027】ここで、図2の集光されたパルスレーザー光205によってターゲット207の表面を励起し、アブレーション反応を生じさせターゲット207の表面に形成されている自然酸化膜、およびターゲット表面に付着している金属・炭素化合物等の不純物を完全に除去し、その後、図4のガス排気系406を閉鎖する。この時点では、パルスレーザー光205の発振は停止している。

【0028】上記のように、ターゲット207の表面に形成されている自然酸化膜および付着している不純物を除去することにより、高純度粒子に混入する可能性のある、高純度粒子にとっての不純物である酸化物、およびターゲット表面に付着している金属・炭素化合物等の影響を取り除くことができる。

【0029】次に、マスフローコントローラ201を調整し、一定質量流量 $Q_a$ (標準状態1.0l/min)で、ガス精製器211を介することにより不純物濃度が0.5ppb以下となったキャリアガス202を導入する。

【0030】同時に、図3のマスフローコントローラ305を用いて微分型電気移動度分級装置303に質量流量 $Q_c$ (標準状態5.0l/min)でシースガス304(高純度希ガス、例えば純度99.9999%のHe)を導入する。

【0031】ここで、ヘリカルポンプを主体としたガス排気系406を開き、高純度粒子生成室101内が一定圧力 $P_1$ (例えば10Torr)に保持されるようにキャリアガスを差動排気する。

【0032】同時に、粒子分級室102に設けられた、ヘリカルポンプを主体としたシースガス排気系308を開き、マスフローメータ307の指示値が5.0l/minとなるように、マスフローメータ307の指示値を基準にしてシースガス排気系308を制御することで、シースガスを一定質量流量 $Q_c$ で排気する。

【0033】ここで、オリフィス401およびガス排気系406に設けられたコンダクタンス可変バルブの圧力損失により粒子捕集室103内は一定圧力 $P_2$ (例えば1.0Torr)に保持されている。

【0034】上記のような手段でガス排気を行うことにより、高純度粒子生成室101の圧力を $P_1$ 、堆積室の圧力を $P_2$ 、シースガスの排気質量流量 $Q_c$ を正確な値に制御することができる。

【0035】さらに、例えばオリフィス401の開口径を2mmに変更することにより、ノズル402内の圧力PnとP2の圧力差を大きくする(Pn=7.4Torr、P2=0.1Torr)こともできる。

【0036】次に、パルスレーザー光205を発振させ、粒子生成室101に導入する。このとき、粒子生成室101では、パルスレーザー光205によって励起され、アブレーション反応によってターゲット207から脱離・射出された物質は雰囲気ガス分子に運動エネルギーを散逸するため、空中での凝縮・成長が促され数nmから数十nmの高純度粒子に成長する。

【0037】ここで、上記のような手段で超高真空排気後、粒子生成室に不純物濃度が0.5ppb以下の高純度ガスを導入し一定圧力P1に正確に制御・保持することにより、ほとんど汚染の影響なくnmサイズの粒子が高純度を保持して凝集・成長することが可能となる。

【0038】さらに、短いパルス幅のパルスレーザーにより局所的に高エネルギーで励起を行うことにより、Taのような高融点金属(融点2172℃)や、パラジウムPdやプラチナPtのような通常の蒸発法では蒸発坩堝(例えばタングステンW)と合金を形成してしまうような材料でも雰囲気ガス中でのレーザーアブレーションによってnmサイズの高純度粒子を生成することができる。

【0039】次に、粒子生成室101で生成された高純度粒子は粒子取り込みパイプ209を介して一定質量流量Qaのキャリアガスとともに荷電室301に搬送され、放射性同位体Am241のα線によって一価に単極荷電される。荷電室301で一価に単極荷電された高純度半導体高純度粒子は、90度ごとに4等配された高純度粒子流入管302を介して、微分型電気移動度分級装置303に流入する。二重円筒型の微分型電気移動度分級装置303に流入した高純度半導体高純度粒子は直流電源306(例えば電圧-21.5V)によって形成された内外円筒間の静電界によって、所望の単一粒径(例えば粒径3.0nm)に分級される。

【0040】ここで、上記のような手段で導入されるキャリアガス・シースガスの質量流量と、排気されるキャリアガス・シースガスの質量流量がそれぞれ等しくなるように制御してやることにより、微分型電気移動度分級装置303における分級精度を理論上の値に近づけることができる。

【0041】また、比較的大きな粒子径(例えば20nm)を持つ高純度標準粒子は、より小さい粒子径(5nm以下)の粒子の凝集体504である場合があり、必ずしも球形の単一構造を取らないことがあるために、図6に示すような構成の標準粒子加熱部103で赤外線源501から輻射された赤外線502を合成石英窓503を介して照射することにより1000℃以上に加熱することにより、球状粒子505に再構成することができる。

【0042】次に、微分型電気移動度分級装置303で分級された高純度標準粒子は、粒子捕集室103内に、キャ

リアガスとともに、ノズル402を介して搬送されオリフィス401から噴出し、捕集基板405上に捕集される。

【0043】ここで、高純度標準粒子の捕集基板への捕集直前に分級された一価に単極荷電された高純度標準粒子を微小電流測定端子408で捕集し、微小電流計409によって捕集される際に行われる電子の授受を電流として測定することで、高純度標準粒子の単位時間あたりの捕集量(例えば20pAで約 $8 \times 10^4$ 個/cm<sup>3</sup>)を確認することができ、捕集時間を制御することにより捕集する標準粒子数を見積もることができる。

【0044】また、前記のようにオリフィス401の開口径を2mmに変更することにより、ノズル402内の圧力PnとP2の圧力差を大きくする(Pn=7.4Torr、P2=0.1Torr)ことにより、キャリアガスの粒子捕集室への噴出速度が増加するとともに、粒子捕集室の圧力P2の低下に伴うノズル下流での粒子の移動度を増加させ高純度標準粒子自身の持つ慣性力による捕集基板への捕集効率を向上することができる。

【0045】加えて、堆積基板405に直流電源407を用いてバイアス電圧(例えば100V)を印加し、液体窒素だめ408に液体窒素を導入し堆積基板405を冷却する(例えば-100℃)ことにより、高純度標準粒子の捕集効率をよりいっそう向上することもできる。

【0046】上記のように、高純度粒子を雰囲気ガス中におけるレーザーアブレーションにより生成する粒子生成室と、前記粒子生成室で生成された高純度粒子から所望の粒径を有する高純度標準粒子を分級する粒子分級室と、高純度標準粒子を捕集する粒子捕集室から構成した高純度標準粒子作製装置を用いることにより、広い材料選択性を持って、単分散した均一構造を有するnmサイズの高純度標準粒子を汚染・ダメージを軽減した状態で効率的に作製しうる、高純度標準粒子作製装置並びに高純度標準粒子を提供することができる。

【0047】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、広い材料選択性を持って、単分散した均一構造を有するnmサイズの高純度標準粒子を汚染・ダメージを軽減した状態で効率的に作製しうる、高純度標準粒子作製装置並びに高純度標準粒子を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態における高純度標準粒子作製装置の全体構成図

【図2】前記発明の実施の形態における粒子生成室の断面構成図

【図3】前記本発明の実施の形態における粒子分級室の一部断面構成図

【図4】前記本発明の実施の形態における粒子捕集室の断面構成図

【図5】前記本発明の実施の形態における粒子捕集室の粒子捕集基板近傍の断面構成図

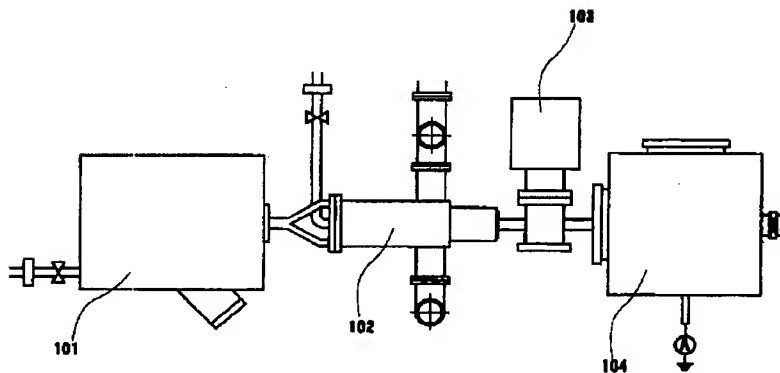
【図6】前記本発明の実施の形態における標準粒子加熱部の断面構造図

【符号の説明】

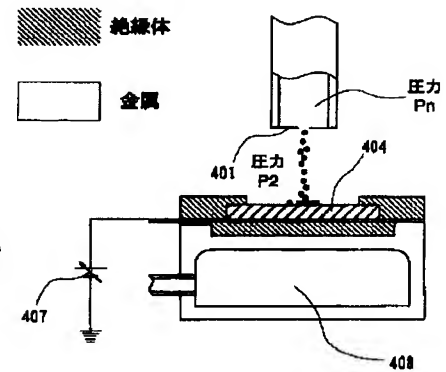
101 粒子生成室  
102 粒子分級室  
103 標準粒子加熱部  
104 粒子捕集室  
201 マスフローコントローラ  
202 キャリアガス  
203 集光レンズ  
204 レーザー光導入窓  
205 パルスレーザー光  
206 ターゲットホルダー  
207 ターゲット  
208 アブレーションチャンセル  
209 高純度粒子取り込みパイプ  
210 超高真空排気系  
211 ガス精製器  
301 荷電室  
302 高純度粒子流入管

303 微分型電気移動度分級装置  
304 シースガス  
306 直流電源  
307 マスXローメータ  
308 シースガス排気系  
401 オリフィス  
402 ノズル  
403 捕集基板ホルダー  
404 捕集基板  
405 超高真空排気系  
406 捕集室ガス排気系  
407 直流電源  
408 液体窒素だめ  
409 微小電流測定端子  
410 微小電流計  
501 赤外線源  
502 輻射赤外線  
503 合成石英窓  
504 凝集粒子  
505 球状粒子

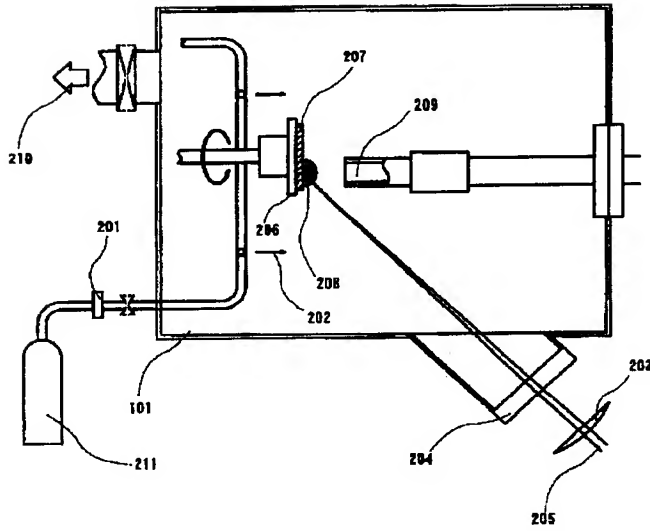
【図1】



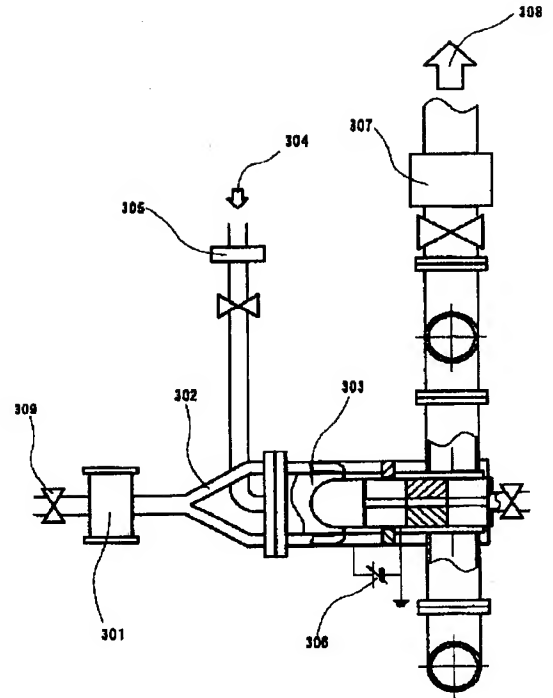
【図5】



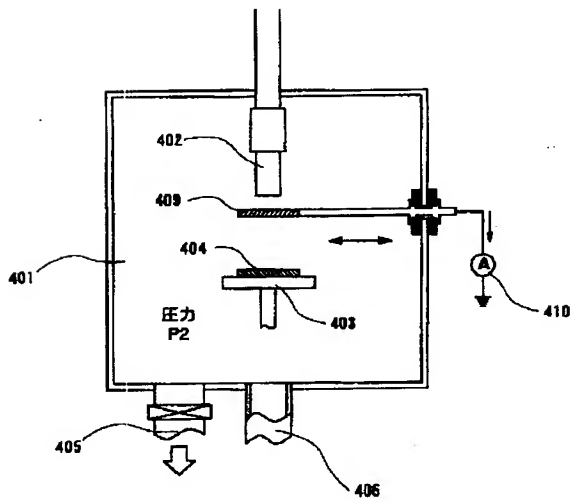
【図2】



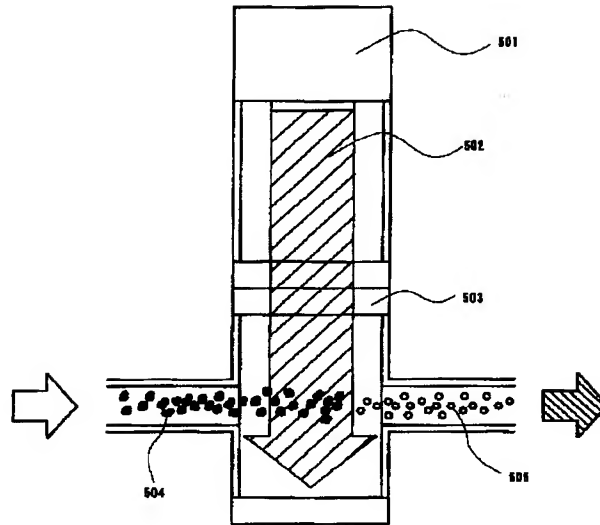
【図3】



【図4】



【図6】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>  
// H 0 1 L 21/203

識別記号

F I  
H 0 1 L 21/203

テ-マコード (参考)  
Z

(72) 発明者 牧野 俊晴  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内  
(72) 発明者 山田 由佳  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

Fターム(参考) 4D054 GA02  
4G075 AA27 CA36 CA65 DA01 EB01  
EB34  
4K017 BB08 CA08 DA09 EF05 FA01  
4K029 CA01 DB20 GA01  
5F103 AA10 BB23 DD28 GG10 RR04  
RR06